DIE MECHANIK IM ORGANISMUS: VON EDUARD HERMANN LEO

Eduard Hermann Leo

Die
Mechanik im Organismus.

Inaugural-Abhandlung

der

medicinischen Facultät zu Jena

zur Erlangung der Doctorwürde

in der

Medicin und Chirurgie

vorgelegt und nebst den beigefügten Thesen am 10. August 1864 öffentlich vertheidigt

von

Eduard Hermann Leo
aus Dresden.

Jena, 1864.
Druck von A. Neuenhahn.

Die Mechanik im Organismus.

In der ganzen Reihe der Wirbelthiere wird das continuirliche Kreisen des Blutes im Körper durch einen rhythmisch sich zusammenziehenden Hohlmuskel — das Herz — vermittelt. Dieses Organ ist ein Druckwerk mit Klappen und Ventilen versehen, ähnlich den künstlichen Pumpwerken. Bei der Zusammenziehung der Kammern wird das Blut in die grossen Gefässe getrieben, dabei stellt der Blutstrom die Segelventile, welche zwischen Herz und Vorkammern angebracht sind, und diese hindern das Regurgitiren des Blutes in das Atrium. Mit der Diastole der Kammer coincidirt eine Systole der Atrien und der grossen Schlagadern (Artt. pulmonalis und aorta). Die Arteriensystole würde das Blut wieder in das Herz zurücktreiben, wären nicht in jedem Conus arteriosus Taschenventile angebracht, die der rückstauende Blutstrom aufbläht und auf diese Weise mit dem Lumen des Gefässes sich selbst den Weg in die Kammern verschlösse. Das Stellen der Klappen ist mit hörbaren Geräuschen verknüpft.

Die Arterien sind elastische Röhren, welche synchronisch mit jeder Herzzusammenziehung eine Erweiterung erfahren. Lässt der Druck von Seiten des Herzens nach, so streben die erweiterten Schlagadern, wie jeder elastische Körper, nach ihrer früheren mitt-

leren Ausdehnung; sie ziehen sich deshalb zusammen und treiben das Blut nach der Peripherie, da einen Rücktritt in das Herz die Klappenapparate verhindern. Je weiter sich das Blut vom Herzen entfernt, um so mehr nimmt seine Stromgeschwindigkeit ab, da der Widerstand, den die andringende Blutwelle zu besiegen hat, in demselben Maasse zunehmen muss, in welchem die Reibung in den Gefässwandungen sich vermehrt. In den Haargefässen wird der Blutstrom sogar ein continuirlicher; er ist hier im Centrum schneller, als an der Peripherie. An den Haargefässwandungen zieht unmittelbar eine Plasmaschicht hin (Poiseulle'scher Raum), während im Centrum des Gefässes die Cruortheilchen versiren. Aus diesem Poiseulle'schen Raum transsudirt Alles in die Gewebe hinüber, was da jenseits theils zu eigenen Zwecken (Ernährung), theils zu *allgemeinen* (Absonderung) gebraucht wird; in *diese* Schicht kehrt Alles zurück, was aus dem *statischen* Gleichgewichte der Stoffe getreten ist. Das Blut verhält sich demnach zu den fertigen Geweben wie die Mutterlauge zu den sich aus ihr bildenden Krystallen.

Rudolph Virchow nennt neuerdings das Blut ein flüssiges Gewebe, das aus Zellen (Blutkörperchen) und einer Intercellularsubstanz bestehe. — Bei den Wirbelthieren ist es durchweg eine rothe Flüssigkeit, während unter den Wirbellosen nur die Ringelwürmer (z. B. hirudo) ein rothes Blut besitzen, und auch sie nicht einmal ohne Ausnahme. Bei den übrigen Evertebraten hat diese Flüssigkeit bald eine gelbliche, grünviolette oder blaue Farbe oder ist vollkommen farblos und wasserhell. — Nur bei den Wirbelthieren ist diese nach der Thierklasse nicht unbedeutende Temperaturverschiedenheiten zeigende Flüssigkeit in einem allseitig geschlossenen Gefässsystem enthalten, wovon bei den Wirbellosen viele Ausnahmen

vorkommen. Der Regenwurm hat z. B. ein vollkommen geschlossenes Gefässsystem, während dagegen bei den Hexapoden die Leibeshöhle einen geräumigen venösen Sinus darstellt, der alles von den Körpertheilen zurückkehrende Blut vor seinem Rücktritt in's Herz aufnimmt. Mitunter ist auch das Arteriensystem unvollständig, wo dann das Blut in wandungslosen Seitenströmen seinen Kreislauf vollzieht. — Die chemische Zusammensetzung des Blutes der Wirbelthiere kann als bekannt vorausgesetzt werden; mit Ausnahme der Cruortheilchen (Blutzellen) stimmen Chylus und Blut hier ganz überein, nur in Betreff des Blutes der Wirbellosen sei erwähnt, dass seine chemische Zusammensetzung wesentlich dieselbe ist, als bei den höheren Thieren, da ja die wesentlichsten Bestandtheile des Körpers in beiden übereinstimmen, was directe Untersuchungen erhärten. Doch kommen auch mancherlei Abweichungen bald in dieser, bald in jener Beziehung vor. So lässt uns gewiss die Cellulose in dem Mantel der Tunicaten, das Chitin (Cellulose + Ammoniak), welches wir im Panzer der Arthopoden finden, auf eine entsprechende Beschaffenheit des Blutes, auf einen Reichthum an ternären Verbindungen (vielleicht Zucker) schliessen. Ebenso wird der Gehalt an anorganischen Salzen mannichfach wechseln, bei den nackten Thieren geringer sein, als bei den Gehäuse tragenden. So ist auch das Eisen im Blute mancher Evertebraten durch Kupfer oder Mangan vertreten. Man findet so in dem Blute der Cephalopoden, namentlich aber in dem der Helix pomatia beträchtliche Kupfermengen, so in dem getrockneten Blute der letzteren 2,57 Proc., dagegen ist es absolut eisenfrei. Die ursprünglich blaue Farbe dieses Blutes verschwindet merkwürdiger Weise bei Behandlung mit Kohlensäure, während sie

durch Sauerstoff wieder hergestellt wird; bei den Ascidien nimmt dagegen das Blut beim Schütteln mit Kohlensäure sofort eine tiefblaue Färbung an, die durch Sauerstoff sogleich wieder zum Schwinden gebracht werden kann. Ausserdem ist hier das Blutpigment nicht, wie bei den Wirbelthieren, in mikroskopische Elemente abgelagert, sondern es ist dem Serum inhärent. Die Blutkörperchen, welche bei den Säugethieren kernlose, bei allen übrigen Wirbelthierklassen dagegen kernhaltige Zellen darstellen, zeigen eine sehr verschiedene Grösse; bei den Wiederkäuern sind sie $\frac{1}{300}''$, bei dem Menschen $\frac{1}{200}''$, beim Elephanten im Mittel $\frac{1}{100}''$, bei den nackten Lerchen und unter diesen wieder besonders bei dem Proteus auffällig gross, so dass sie kaum jenseits der Grössen, welche noch mit unbewaffnetem Auge erkennbar sind, liegen ($\frac{1}{30}'''$). Sie sind bei allen Wirbelthieren die Träger des eisenhaltigen Pigments und bestehen aus dem von Otto Funke entdeckten Krystallin, einem Proteïnderivat. — Bei den Wirbellosen sind die Blutkörperchen oft in sehr spärlichen Mengen vorhanden, oft kann ihre vollkommene Abwesenheit behauptet werden, die runde, ovale oder ellipsoide Scheibenform ist verlassen, wir treffen in der Regel einfache rundliche Zellen, welche oft eine unregelmässige granulirte Oberfläche zeigen und überhaupt weit mehr Aehnlichkeit mit den Lymphkügelchen der Wirbelthiere haben, als mit den Blutkörperchen.

Obwohl nun das Blut Alles enthält, was bei dem Stoffwechsel der Gewebe und der Absonderung an neuem Material nur gebraucht wird, da die Proteïnverbindungen des Plasmas den geweblichen Substraten des Körpers, wie der Muskelsubstanz, der Nervenmasse, den leimgebenden Geweben u. s. w. so analog sind, dass sie nur eine geringe Modification zu erleiden

haben, um in diese überzugehen und viele Absonderungsproducte sogar schon im Blute präformirt vorkommen, so betheiligt sich das Blut doch weder bei der Ernährung, noch bei der Absonderung direct, sondern es transsudirt aus ihm eine dem Plasma des Blutes ganz gleiche Flüssigkeit in die Parenchyme hinüber, die unmittelbar als Material zum Aufbau neuer Gewebstheile oder, durch die Drüsenparenchyme modificirt, als Secretionsproduct verwerthet wird. — Die mechanischen Gesetze, welche beim Stoffwechsel vom Organismus eingehalten werden, sind von Dutrochet aufgefunden, es sind die der Exosmose und Enosmose. Er nahm an, dass zwei heterogene Flüssigkeiten, welche durch eine feuchte Scheidewand getrennt sind, allmälig sich durch die Membran hindurch ausgleichen, so dass, wenn auf der einen Seite Zuckerlösung, auf der andern Wasser sich befände, die Zuckerlösung zum Wasser und umgekehrt strömen sollte. Allein dem ist nicht so, denn Brücke zeigte zuerst mit Hülfe einer Beobachtung Jerichau's, dass bei Lösungen ein Uebertreten in Substanz nicht stattfinde, dass also nicht die ganze Lösung unverändert durch die Membran dringt, sondern dass innerhalb der Poren und Röhrchen der Scheidewand die Vermischung vor sich geht, so dass demnach die Anwesenheit von zwei besonderen Strömungen zugleich nur scheinbar ist. Die Resultate der En- und Exosmose sind natürlich von der Qualität der Scheidewand und von der chemischen Natur, Concentration der Flüssigkeiten abhängig. — So viel Licht auch diese wichtige Entdeckung Dutrochet's auf die Vorgänge bei der Ernährung und Absonderung verbreitet hat, so muss doch hervorgehoben werden, dass die Erscheinungen der Enosmose in belebten Theilen weit langsamer und unvollständiger eintreten, als in todten von scheinbar gleicher Gewebs-

beschaffenheit, weshalb hier noch Manches dunkel ist und der Forschung ein weites Feld der Thätigkeit bleibt. Ausserdem sind Scheidewand und Flüssigkeit nicht die einzigen Factoren bei den Ernährungs- und Absonderungsvorgängen, sondern die Configuration des Haargefässnetzes, die Veranstaltung zur Verzögerung der Stromgeschwindigkeit des Blutes (Wundernetze, Malpighi'sche Körperchen), gewebliche Structur (Zelle*)) wie Nerveneinfluss, der sicher gleich dem electrischen Strome auf die Art der en- und exosmotischen Strömung von grösster Bedeutung ist, sind hier bestimmt von hohem Belange. Mögen immerhin die Acten über diesen Gegenstand noch nicht geschlossen sein, so liegt sicher doch dazu nirgends eine Nöthigung vor, an räthselhafte Kräfte der Parenchyme zu appelliren, um die Vorgänge bei der Ernährung und Absonderung erklärlich zu finden. So weit ist unser Wissen in diesem Falle gediehen, dass wir getrost behaupten können, die mechanischen Wissenschaften werden in diesem Falle allein das Wort reden. — Freilich ist es schwierig, die Ursachen bis in's Detail zu verfolgen, warum sich hier Harn, dort Samen absondert, hier Galle secernirt, dort Speichel, Schleim ausgeschieden wird, weshalb aus dem transsudirten Plasma sich bald eine Nervenröhre, bald eine Muskelfaser, bald ein Bindegewebskörper entwickelt. Diese Schwierigkeit steigert sich nur, wenn man bis auf die Primordialentwickelung zurückgeht. Sind einmal die Gewebe fertig gebildet, so ist es die Thätigkeit der Zelle, welche das in das Gewebe übertretende Blutplasma zwingt, sich in der Matrix adäquate Gewebstheile umzugestalten, denn Niemand dürfte jetzt noch ernstlich an eine freie Zellenbildung denken. Es giebt

*) Ernährungseinheit Virchow's.

in der That keine discontinuirliche Zellentwickelung, jede neu entstehende Zelle setzt die Existenz einer Mutterzelle voraus, aus der sie sich entwickelt. Omnis cellula a cellula. Bei dem ersten Auftreten der specifischen Gewebe im Embryo kann natürlich von diesem Gesetze analoger Bildung noch keine Rede sein. — Bei den Absonderungsorganen bietet das Austreten von Blutbestandtheilen nicht halb die Schwierigkeiten in der Erklärung dar, als wenn die absondernde Drüse ihr Absonderungsproduct aus dem Blutplasma selbstständig schafft. Im Harne kommen z. B. nur Substanzen vor, welche schon im Blute angetroffen werden; man hat deshalb beide Nieren mit einem Filtrirapparate verglichen, durch den sich das Blut seines überschüssigen Wassers, seiner Schlacken, wie sie die Stoffmetamorphose liefert, seiner erdigen Substanzen entledigt. Die Harnabsonderung lässt sich aus dem anatomischen Bau der Nieren recht gut erklären. Die von Ludwig aufgestellte und hierher bezügliche Hypothese ist folgende: nach ihm sind zunächst die glomeruli diejenigen Stellen, an welchen der Urin ursprünglich aus dem Blute entfernt wird. An diesen Punkten wird durch den Blutstrom, der hier aus einem engeren Lumen (dem einführenden Gefäss des glomerulus) in ein weiteres (den glomerulus selbst) und dann wieder in ein engeres (das ausführende Gefäss) strömt, nach hydraulischen Gesetzen ein bedeutender Druck auf die Gefässwand ausgeübt. Durch diesen Druck auf die feinen Gefässhäute wird ein gewisses Quantum Flüssigkeit ausgepresst; es muss nun aber hypothetisch angenommen werden, dass diese Gefässwandungen im Normalzustande die Eigenthümlichkeit besitzen, von den flüssigen und aufgelösten Bestandtheilen des Blutes nur Wasser, einen Theil der Extractivstoffe und die freien, nur im Wasser

gelösten Salze durch sich hindurchtreten zu lassen, während sie sämmtliche Proteïnstoffe, die Fette und die mit beiden in Verbindung befindlichen mineralischen Bestandtheile nicht hindurchlassen. Man wird nun in den Anfängen der Haarkanälchen eine Flüssigkeit haben, welche zwar alle Bestandtheile des Harns und vielleicht auch alle festen Bestandtheile in denselben relativen Mengen zu einander, wie im Harne, aber in viel mehr Wasser als in letzterem enthalten wird. Diese Flüssigkeit wird nun durch andere nachdringende in die Kapsel und aus dieser in die Haarkanälchen geschoben und tritt dadurch in Berührung mit dem Blute, welches in dem Capillarnetze fliesst, das durch die aus den glomerulis tretenden Gefässchen gebildet wird. Es strömt aber in diesen Capillaren Blut, welches durch Entfernung sehr vielen Wassers sehr concentrirt worden ist. Zwischen der in den Harnkanälchen befindlichen sehr verdünnten und der in den Blutgefässen enthaltenen sehr concentrirten Flüssigkeit wird wiederum ein enosmotischer Strom eintreten, der sich zunächst auf den Austausch von Wasser beziehen wird, d. h. es wird Wasser aus den Harnkanälchen in die Blutgefässe treten, wodurch der Urin concentrirter wird. Dieser letztere Theil der Hypothese scheint dadurch beweisbar, dass **erstens** die anatomischen Einrichtungen, die gewundenen, im Kaliber nicht zunehmenden Harnkanälchen und die vielfachen engen Maschen der Blutgefässe derartige sind, dass sie die enosmotische Einwirkung sehr begünstigen; dass sich **zweitens** durch diese Hypothese erklärt, warum der flüssige Urin nie eine gewisse Concentration übersteigt, seien seine Bestandtheile, welche sie wollen, und seine Absonderung noch so langsam; **drittens**, warum die Concentration des Urins, wenn sich die normalen Blutbestandtheile vorfinden, inner-

halb der gegebenen Grenzen von der Schnelligkeit der Entfernung abhängig ist; viertens, warum sich die Urinquantität mehrt, wenn sich die in den Urin auszuscheidenden festen Stoffe des Blutes mehren, und warum, wenn sich die festen Bestandtheile des Urins aus der Flüssigkeit noch innerhalb der Niere niederschlagen, keine Flüssigkeit aus den Nieren mehr ausgeschieden wird. — Die Gallenabsonderung, Samenbildung u. s. w. lassen sich natürlich aus solch' einfachen Gesetzen nicht erklären; aber wie ist das auch möglich, da man über den feineren Bau der Leber noch nicht einmal ganz einig ist.

Ferner sei als mechanischer Effect der Fortbewegung des Magen- und Darminhalts durch den motus peristalticus gedacht, der Flimmerbewegung, der Athembewegung, sowie der Gehbewegung bei Mensch und Thier, des Flugs der Vögel, der Insecten, der Wirkung der Schwimmblase beim Auf- und Niedersteigen der Fische. — Die Flimmerbewegung, auch Wimperbewegung, welche durch die schwingenden Cilien des Flimmerepithels hervorgebracht wird, ist ein in der Thierwelt sehr verbreitetes Bewegungsphänomen. Wir begegnen ihm nicht blos auf den Kiemen der Wasserbewohner, wo es zuerst von Leeuwenhoeck, de Heide u. A. beobachtet wurde, sondern auch auf den Schleimhäuten der Reptilien, Vögel, Säugethiere und des Menschen. Die Schleimhaut des Kehlkopfs, der Luftröhre, der Bronchien flimmert bei allen luftathmenden Geschöpfen, ebenso die der Nasenhöhle. Der Darmkanal zeigt bei den Wirbelthieren keine Wimperbewegung, mit Ausnahme der Amphibien, wo der Anfang des Darmkanals (Maulhöhle, Pharynx) in der Regel wimpert. An den Geschlechtstheilen kommt dagegen bei allen weiblichen Wirbelthieren eine Winperbewegung vor. — Diese so interessante Bewegungs-

erscheinung, welche viele vorher räthselhafte Vorgänge im Organismus erklärt hat, als die Fortbewegung des Eies, des Samens in den Geschlechtstheilen, das Heraufbefördern von Schleim, Eiter, Blut u. s. w. aus den Bronchialverzweigungen in die Luftröhre, das Verschwinden von Kohlenpulver auf der hintern Wand des Pharynx beim Frosch u. s. w., hat nichts mit einer Lebenskraft zu schaffen, denn dieses Phänomen besteht nicht nur nach dem Tode während ¾—4 Stunden, sondern dauert auch unbeirrt fort, wenn man auf die wimpernde Schleimhautfläche Licht, Wärme, Electricität in der verschiedensten Intensität, als auch Aloe, Blausäure, Nux vomica, Moschus, Opium, Acetas morphii u. s. w. einwirken lässt. Nur solche Substanzen, welche die Substanz des Wimperorgans (Flimmerzelle) selbst zu verändern im Stande sind in Folge ihrer chemischen Qualität, wie Mineralsäuren, ätzende Alkalien u. s. w., stören die Bewegung bald früher bald später.

Die Athembewegungen sind rein reflectorischer Natur; sie finden ihren Impuls in dem Athembedürfniss und dieses entspringt aus gewissen Nutritionsverhältnissen und zwar des ganzen Körpers. Alle Theile fordern vom Blute Sauerstoff für die Kohlensäure, die sie abgeben; sobald das mit Kohlensäure überschwängerte Blut diesem Bedürfniss nicht mehr zu genügen vermag, so entsteht eine Empfindung, die wir Athemnoth nennen. Diese Athemnoth besteht im Minimum beständig, weil die thierische Substanz immerfort nach Oxygenation strebt, selbst wenn die Lungen gehörig thätig sind; sie wirkt so stets auf die centripetalen Nerven und durch diese auf das Rückenmark (medulla oblongata), ohne dann aber Empfindung zu erwecken; steigert sie sich zum Uebermass, so entsteht Erstickungsgefühl.

Die Ursache der Herzbewegung, dieses primi

moventis et ultimi morientis, ist noch nicht ganz aufgehellt. Vom Blute hängt sie sicher nur zum geringsten Theile ab, denn obwohl bei Veränderungen der Qualität und Quantität des Blutes dieselbe sichtliche Veränderungen erfährt, so lehrt doch das Experiment am Froschherzen, dass die Zusammenziehungen des Herzmuskels am herausgeschnittenen Herzen auch ohne Einfluss des Blutes durch einige Zeit fortbestehen. Es liegt deshalb sehr nahe, die nächste Ursache der Herzbewegung in der Thätigkeit der Herzganglien zu suchen. Das Gehirn ist gleichfalls von grossem Einflusse auf die Herzthätigkeit, wie das Verhalten derselben im Affect, bei der leidenschaftlichen Erregtheit zeigt; doch scheint der Antrieb zur Thätigkeit vom Dreihöhlennerven auszugehen, während der herumschweifende Nerv die Verminderung und Suspension der Herzbewegung vermittelt. Durch Reizung der nervi vagi oder der Hirntheile, von denen sie entspringen, wird nämlich das Tempo der rhythmischen Thätigkeit des Herzens verlangsamt und dasselbe sogar ganz zum Stillstand gebracht. Und so scheint es, dass die nervi vagi durch die Unterbrechung des continuirlichen Nervenstroms von Seiten des Sympathicus die Ursache des Rhythmus in der Herzbewegung werden.

Beim Gange wird der Körper durch seine Kraft getragen und fortbewegt, und das Eigenthümliche seiner Bewegung liegt darin, dass der Körper abwechselnd durch die eine, bei den Quatrupeden durch zwei auf den Boden gestützte Extremitäten getragen wird. Das Mittel, durch welches diese Bewegungen ausgeführt werden, ist die Streckung zweier in entgegengesetzter Richtung gebogener Gelenke. Hierdurch wird die Projection des Schwerpunktes ausgeführt, während die zweite Extremität die Last gegen das Ende dieser

Projection trägt [1]). Beide Extremitäten wechseln im Tragen und Bewegen der Last ab; bei den Vierfüsslern ist bekanntlich die Bewegung eine diagonale, so dass z. B. der rechte Vorderfuss und linke Hinterfuss den Körper projicirt, während der linke Vorderfuss und der rechte Hinterfuss nach vorwärts schwingen. Wichtig dabei ist die von Weber gemachte Entdeckung, dass das caput ossis femoris, welches, wie die mit weichen Theilen ausgekleidete Pfanne, Abschnitte vollkommener Kugeln bildet (weshalb sich beide auch bei den Bewegungen des einen oder des andern Theils in der ganzen Fläche immer so berühren, dass keine leeren Zwischenräume zwischen ihnen bleiben), in der luftdicht schliessenden, schlüpferigen Pfanne grösstentheils durch den Druck der atmosphärischen Luft zurückgehalten wird, so dass es dem Fusse leicht ist, durch blosse Schwerkraft, wie ein Pendel, vor- und rückwärts zu schwingen. Die Pendelschwingungen sind aber beim Gehen von grosser Wichtigkeit; ihre Dauer hängt von der Länge des Beines ab: je kürzer dasselbe ist, desto geschwinder, je länger, desto langsamer erfolgen sie; ihre Zahl ist bei demselben Individuum in einer gewissen Zeit immer dieselbe. — Während die Extremität frei am Rumpfe hängt, folgt sie bei der Bewegung nicht nur diesem, sondern schwingt durch ihre eigene Schwere von hinten nach vorn, wobei sie, um nicht auf den Boden aufzustossen, im Knie gebogen wird; kommt der Zeitpunct, wo sie wieder auf den Boden aufgestellt werden soll, so streckt sie sich; beim Aufstellen auf den Boden wird die Extremität Anfangs, nachdem sie aufgesetzt worden war, etwas gebogen und dadurch verkürzt, dann gestreckt und da-

---

1) Demnach kann man den Gang ein fortgesetztes Fallen nennen, das bei jedem Schritt eine neue Hemmung erfährt.

durch verlängert; die Verlängerung geschieht zuerst durch die Streckung des Kniegelenks, dann durch allmälige Streckung des Fusses, wobei sie sich bei den Plantigraden von hinten nach vorn um ihren untern Endpunkt dreht, so dass die Fusssohle auf ähnliche Weise vom Boden sich abwickelt, wie ein fortrollendes Rad. Dieses Abwickeln besteht natürlich nicht in einem Aufheben des abgewickelten Theils, sondern blos in einer successiven Versetzung der Stelle, des Stemmens gegen den Boden von der Ferse nach der Spitze; bei den Digitigraden ist der Modus bei diesem Act derselbe, natürlich nicht in dieser Ausdehnung wie bei den Sohlentretern. Diese beiden Zustände, das Auftreten und Schwingen, wechseln zwischen den Extremitäten nicht so mit einander ab, dass der eine in dem Augenblicke seinen Anfang nimmt, wo der andere endigt, sondern es giebt eine Zeit, in welcher beide Beine beim Menschen, bei den Quatrupeden alle vier, beim Schritt mit dem Erdboden in Berührung sind; dieser Zeitpunkt wird um so kleiner, je schneller der Gang ist. — Die Wirkungen der einzelnen Glieder bei der Ortsbewegung werden durch Hebelkräfte mannichfach gestützt und gefördert. In der Regel ist im locomotorischen Apparate der einarmige Hebel angewandt; die Insertion des Muskels als Angriffspunkt der Kraft liegt vor dem Hypomochlion und ist diesem sehr nahe gerückt, wodurch zwar der Kraftaufwand bei der Bewegung bedeutend vermehrt werden muss; doch was der Körper dadurch an Kraft verliert, gewinnt er an Geschwindigkeit wieder. Zweiarmige Hebel, wo das Hypomochlion zwischen dem Angriffspunkt der Kraft und Last sich befindet, treffen wir im Kiefer- und Sprunggelenke realisirt. Die Bewegung wird ferner noch unterstützt durch elastische Bänder, z. B. bei unsern grossen Pflanzenfressern durch das riesige Nackenband

(ligamentum nuchae), welches allein im Stande ist Kopf und Hals aufrecht zu erhalten, ohne Zuthun der Muskeln. Beim Grasen wird der Kopf und der Hals allerdings durch Muskelwirkung nach abwärts gezogen, beim Wiederaufrichten ist aber jede Muskelwirkung überflüssig, da dies, sobald Kopf- und Halsbeuger in ihrer Contraction nachlassen, durch die Zusammenziehung des Nackenbandes allein vermittelt wird. Ferner ist bei den Solidungulis und Boesulcis des elastischen Zellstrahles [1]) Erwähnung zu thun, der durch seine Federkraft die Bewegung wesentlich unterstützt.

Der Flug der Vögel wird gleichfalls durch eine Summe mechanischer Vorrichtungen vermittelt. Bei den durch grosses Flugvermögen ausgezeichneten Vögeln fällt zunächst die massige Entwickelung der Muskeln auf, welche die zu Flügeln umgestalteten vordern (obern) Extremitäten bewegen; es sind das die von dem Brustbein und der scapula zum humerus gehenden Muskeln. Diese massenhafte Entwickelung der mm. pectorales sticht sehr ab gegen die Sparsamkeit, welche sich rücksichtlich der Massenverwendung überall im Vogelkörper zeigt, ein Prinzip, das natürlich nur in der Absicht — wenn wir einmal teleologischen Anschauungen Raum geben dürfen — angewandt ist, um ihn recht leicht und dadurch zum Fluge geschickt zu machen. Diese Raum- und Gewichtsersparniss tritt uns in der Einrichtung des Darmkanals, in dem Verhältnisse der wässerigen Ausscheidungen aus dem Blute und in dem Scelet entgegen.

Der grösste Theil des Knochengerüstes ist pneumatisch, das heisst: die Knochenröhren und Kno-

1) Nach August Pieschel's Entdeckung besteht der Zellstrahl nicht aus Bindegewebe, wie man früher ziemlich allgemein annahm, sondern aus einem Maschenwerk elastischer Fasern.

chenzellen sind nicht mit Fett, sondern mit Luft gefüllt, und stehen mit den Luftsäcken, grossen, häutigen Blasen, die mit dem Bronchialbaum ihrer Seite concurriren, in Verbindung. Ein abgeschmackter Ausdruck ist es, wenn man sagen hört: es füllen die Vögel ihre Knochen mit Luft, um sich leichter zu machen. Die Knochen, soweit sie einmal lufthohl (pneumatisch) sind, können diesen Luftgehalt nie vermehren oder vermindern, nur die im Unterleibe oder sonst zwischen den Weichtheilen befindlichen Luftsäcke können sich wohl anfüllen und entleeren, wodurch aber der Vogel begreiflicher Weise sein eignes Gewicht nicht ändert. — Ferner kann die Luft als schlechter Wärmeleiter die Stelle des Fettes vertreten und in diesem Sinne kann man sagen, dass der Vogel durch solche Lufthöhlen leichter sei, nämlich als er dann sein würde, wenn ein anderes Material statt der Luft zu diesem Zwecke verwendet werden müsste. Wichtig für die Deutung dieser Gebilde ist der Umstand, dass die Cursores unter den Vögeln (zweizehiger, dreizehiger Strauss, Casuar) nicht nur der Pneumaticität der Knochen, sondern auch der Luftsäcke entbehren.

Ein ganz besonderer wichtiger Punkt für Gewichtsverminderung des Vogelkörpers behufs seines Flugvermögens ist die Leichtigkeit des Vogelkopfes; dadurch bedingt wird eine um so kräftigere Entwickelung des Magens nöthig, damit dieser im Stande ist, das Kauen zu übernehmen oder vielmehr zu ersetzen. Insofern hätten wir nur eine Verlegung des Gewichts vom Kopf in den Rumpf, was immer schon an sich für das Fliegen von Belang ist. Aber es ist damit schon eine bedeutende absolute Verminderung des Gewichts möglich. Hätte der Vogel Zähne, so müsste er dazu auch Knochen und Muskeln haben und die Insertion der letzteren würde eine grössere Stärke des Schädels erfor-

dern; dazu haben die Vögel einen langen Hals und müssen ihn haben und dieser würde für jede Gewichtsvermehrung des Kopfes bedeutend stärker, an Knochen und Muskeln bedeutend schwerer werden müssen, ja es würde dies selbst auf das Rumpfscelet zurückwirken, an welchem sich die bedeutendsten Muskeln für die Bewegung des Halses anheften. Der Werth der Einrichtung des Vogelkopfes ist demnach sehr hoch anzuschlagen. Wir können noch hinzufügen, dass der Fettkörper der Haut im Vogelorganismus nur andeutungsweise vorhanden ist, so dass die Haut fast unmittelbar auf den Muskeln haftet. — Die langen Federn der Flügel sind natürlich, wie auch die Schwanzfedern, die man mit dem Steuerruder verglichen hat, unumgänglich nöthig zum Fliegen. Bei den Cheiropteren, dem fliegenden Affen, bei Draco volitans werden die Federn der Flügel durch Hautfalter ersetzt, beim fliegenden Drachen werden die Flughäute durch Rippen, bei den Fledermäusen durch die enorm verlängerten Phalangen ausgespannt erhalten. Bei Exocotus volitans (dem fliegenden Fisch) sind die Brustflossen zu flügelähnlichen Gebilden umgestaltet.

Bei den Insecten sind die Luftsäcke der Vögel und die lufthaltigen Knochenhöhlen durch das Tracheensystem, welches den ganzen Körper durchzweigt und bei vielen Genera den Luftsäcken der Vögel vergleichbare Anschwellungen zeigt, ersetzt. Dieses Blutröhrensystem hat begreiflicherweise eine gleiche teleologische Bedeutung für das Flugvermögen dieser Thiere: es vermindert ihr specifisches Gewicht.

Von gleich hoher Bedeutung, wie die gedachten Gebilde bei den Vögeln und Insecten, ist die S c h w i m m b l a s e bei den Fischen. Die vesica natatoria hat man mit der Lunge der Luftathmer verglichen, doch hat sie mit der Funktion dieses Organs nichts gemein; sie ist

ja in sehr vielen Fällen ganz geschlossen und kann so weder Luft aufnehmen noch ausstossen. Sie ist vielmehr nur dazu da, um das specifische Gewicht des Fisches zu bestimmen, es veränderlich und die Lage des Thieres nach Umständen verschiebbar zu machen. Die Formverschiedenheit dieses Organs ist für seine Function ganz gleichgültig; ob sie im Innern glatt oder mit Zellen besetzt, ob ihr äusserer Umfang eine einfache oder verwickelte Gestalt zeigt, das hat für uns bis jetzt meist gar keine Bedeutung. Das Wichtigste ist hier die Einrichtung für die Volumsänderungen der Schwimmblase. Durch Muskeln wird sie zusammengedrückt und durch die eigene Elasticität der Luft wieder ausgedehnt. Die Muskelfasern liegen entweder in der Wand der Blase selbst, oder sie gehen in andern Fällen von der Rumpfwand an die Blase. Durch Compression wird die Luft in der Blase verdichtet, das specifische Gewicht des Fisches vermehrt sich und er sinkt deshalb, bis er durch Nachlassen dieser Spannung wieder in die Höhe steigt. Kurz, die Schwimmblase ist ein hydrostatisches Locomotionsorgan beim Auf- und Niedersteigen des Fisches. Der Fisch benutzt aber auch seine Schwimmblase, um seinen Schwerpunkt zu verrücken, wodurch entweder das vordere oder hintere Körperende sich erhebt. Es muss das natürlich für diejenigen Fische von grösster Wichtigkeit sein, deren Wirbelsäule nur eine seitliche Biegung zulässt. Durch Nachlass der Spannung nur am vordern Ende der Blase muss sich der Kopf des Fisches in die Höhe richten, beim Nachlassen der Spannung im Hintertheil sich das Schwanzende erheben. Die bestimmte Ueberzeugung aber, dass bei gewissen Fischen wenigstens eine solche Wirkung stattfindet, hat man doch erst aus den anatomischen Einrichtungen der Cyprinoiden und Charicinen gewinnen können. Denn bei

diesen ist die Verschiebung des Schwerpunkts vermittelst der Schwimmblase auf eine ganz eigene Weise begünstigt. Diese Fische besitzen nämlich sämmtlich eine vordere und eine hintere Schwimmblase, welche durch eine enge Stelle offen mit einander communiciren, wodurch es dem Fisch wesentlich erleichtert wird, seinen Schwerpunkt zu verrücken. — Die Knorpelfische, Chondropterygii, wohin die Haien und Rochen gehören, entbehren der vesica natatoria; dafür sind sie aber im hohen Grade befähigt, ihre Wirbelsäule von oben nach unten zu biegen, was die Stachelflosser, die durchweg eine Schwimmblase besitzen, nicht vermögen; auch haben die Knorpelfische eine zur Locomotion bei Weitem mehr geeignete Anordnung der Flossen, als jene.

Die Wasserinsecten sind gleichfalls sehr geschickte Schwimmer, was kaum zu verwundern ist, wenn wir wissen, dass die Insecten mit ihren Tracheen ungefähr die specifische Schwere des Wassers haben. Doch nicht nur die Luft der Tracheen, sondern auch in der Umgebung des Körpers, z. B. unter den Flügeldecken, wirkt bestimmend auf das specifische Cewicht. Das Tauchen der Insecten ist immer mit Aufschiessen von Luftblasen verbunden, ein sicherer Beweis, dass dabei eine Vermehrung der specifischen Schwere durch Luftauspressen vermittelst Muskelwirkung aus dem Unterflügeldeckenraum oder aus den Stichmata der Tracheen unerlässlich ist.

Nicht minder als bei der Locomotion belebter Individuen sehen wir bei der Sprach- und Stimmbildung rein mechanische und physikalische Kräfte wirken. Die producirten Töne werden nur in der Stimmritze erzeugt und ihre Ursachen sind nur die Schwingungen der untern Stimmritzenbänder. Wie bei einem vollkommen mit Zungen versehenen Blasinstrumente die Existenz eines mit einem Blasebalge versehenen

Ansatzrohres, schwingender, gespannter Zungen, welche eine kleine Spalte offen lassen und eines über demselben befindlichen Corpus erforderlich ist, so findet das auch bei dem Stimmapparat höherer Thiere und des Menschen statt. Die Lungen mit dem Thorax und den Respirationsmuskeln sind der Blasebalg, die Luftröhre ist das Ansatzrohr, der Kehlkopf stellt das Zungenwerk dar, die Nasen-, Rachen- und Mundhöhle bilden die Corpustheile und dienen wesentlich zur Modification der Töne. Dadurch, dass die einzelnen Theile dieses Stimmapparats nicht stabil, sondern labil gegen einander äquilibrirt sind, erhält dieselbe eine grosse Vielseitigkeit in seiner Thätigkeit. Durch die verschiedene Stärke der Athembewegungen werden die Einflüsse des Anspruchs der Zungen vervielfältigt; der unendliche Wechsel der Stellung der Gebilde des Rachens, des Mundes und der Nase erzeugt die verschiedenste Modification der Töne und Laute, die gegenseitige Beweglichkeit der Theile des Zungenwerks selbst giebt der Stimme das Maass ihrer Höhe und zum Theil ihrer Kraft und ihres Klanges. Die verschiedenen Knorpel des Kehlkopfs gestalten eine Verschiebung, wodurch dessen Höhlungen verändert werden, theils die Zungen in verschiedenem Maasse bald Spannung, bald Erschlaffung erfahren, so dass dieselben fast augenblicklich eine unendliche Reihe von Modificationen zu erleiden vermögen. Man denke nur an die Sprache des Menschen, an den Gesang der Vögel.

Eine Sprache, das ist die Fähigkeit, articulirte Laute hervorzubringen, kommt dem Menschen nicht allein zu, sondern die Papageien, Staare, Raben besitzen gleichfalls dies Vermögen. Es ist erstaunenswerth, was diese Geschöpfe trotz der grossen Mangelhaftigkeit ihrer Stimmapparate zu leisten vermögen; viele ihrer erlernten Worte werden sogleich verstanden

und der Ausfall mancher Consonanten wird oft gar nicht bemerkt. Wunderbar übrigens, dass derselbe Nachahmungstrieb, welcher die erste Bildung articulirter Laute bei dem Kinde zur Folge hat, sich in Geschöpfen wiederfinden muss, welche dem Menschen schon so fern stehen! Der Nachahmungstrieb spielt hier eine grosse Rolle, und es ist nur wunderbar, dass bei den Affen, die ihn in so hohem Grade besitzen, nicht die geringste Neigung zum Nachsprechen sich äussert. Die Vögel scheinen durch ein äusserst feines Gehör dazu besonders befähigt zu werden. — Wie sehr aber der Trieb, Gehörtes wiederzugeben, bei den Vögeln verbreitet ist, lehrt die Erfahrung an solchen Singvögeln, welche durchaus nicht zur Articulation anzuleiten sind. Es sei hier vorzüglich des Dompfaffen gedacht. Es ist ja ausserdem bekannt, wie sehr die Singvögel, so lange sie jung sind, ihren Schlag nach den anderen Vögeln zu modificiren wissen. — Während durchweg bei allen Säugethieren der Stimmapparat in einem oberen Kehlkopfe ruht, sind die Vögel dadurch ausgezeichnet, dass die Tonschwingungen in einem unteren Kehlkopfe, der jedoch mehreren Geiern, Störchen und Straussen fehlt, gebildet werden. Die Töne werden bald an hervorragenden, elastischen Bändern, bald an elastischen Häuten hervorgebracht, die zwischen eigenthümlich modificirten Ringen oder Halbringen des untern Endes der Luftröhre oder bereits der Bronchien ausgespannt sind. Ihre Stellung gegen den Luftstrom, wie ihre Spannung, wird auch hier durch Muskeln bewirkt.

Unter den Reptilien ist die Begabung mit einer Stimme bei den froschartigen hervorstechend. Sie und das Krokodil sind die einzigen Amphibien, welche Stimmbänder besitzen. Beim männlichen Frosch treten beim Tongeben zugleich häutige Säcke am Halse nach

aussen, die zur Verstärkung des Tones dienen. Diese Luftsäcke stehen mit der Stimmlade in Verbindung. Die accessorischen Stimmorgane finden unter den Säugethieren ihre Analoga beim Schweine in dem geräumigen, häutigen Sacke unter dem Kehldeckel, in den trichterförmigen, theils oberhalb, theils unterhalb der halbmondförmigen Falte sich öffnenden Nebenhöhlen des Larynx beim Pferde, in den entsprechenden Bildungen beim Esel, Maulthier, in dem zwischen Schildknorpel und Zungenbein gelagerten Kehlsack des Orang-Utang und in dem riesigen Resonanzapparate des Heulaffen der neuen Welt (Myscetes). Bei Letzterem bilden nicht nur Zungenbeinkörper und Schildknorpel eine grosse Höhle, sondern die Morgagni'schen Ventrikel sind auch noch der Ausgangspunkt der bedeutenden Seitensäcke. — Solche als Resonanzboden wirkende knöcherne Blasen, wie beim Heulaffen, kommen auch beim Sägetaucher und bei Enten vor.

Nicht alle Fische sind stumm, denn die Triglen geben einen grunzenden Ton von sich; Cottus gobio, die Kaulquappe lässt beim Drucke auf ihren Körper gleichfalls einen Ton hören und Corvino ronchus und Pogonias werden sogar ihrer Stimmeigenthümlichkeit halber die Tambours genannt.

Unter den Wirbellosen treten uns nur die Insecten als tonerzeugend entgegen. Die Töne entstehen hier in den bei Weitem meisten Fällen dadurch, dass sich verschiedene harte Theile des Hautscelets durch Muskelcontractionen an einander reiben und dadurch in Schwingungen gerathen. Die Singcicade ist das einzige Insect, welches einen besondern Stimmapparat hat, der aber durchaus nicht mit dem Respirationsapparate, wie bei allen höheren Thieren, in Verbindung steht. Es findet sich nämlich bei ihr an der Unterseite des ersten Hinterleibsringes jederseits eine ge-

räumige Höhle, die äusserlich durch einen halbmondförmigen Deckel verschlossen ist und im Innern die sogenannte Trommelhaut ausgespannt enthält, an welche sich die Sehne eines ansehnlichen Muskels ansetzt. Bei der Contraction dieses Muskels wird die Trommelhaut nach Innen trichterförmig eingebogen, doch nur so lange, als die Contraction selbst währt; sobald diese nachlässt, springt die elastische Membran in ihre ursprüngliche Lage zurück und eben dadurch wird ein Ton erzeugt, der durch die Resonanz der Umgebung an Stärke zunimmt. —

Auch bei den Functionen der höheren Sinnesorgane, des Auges und des Ohres, wirken mechanische und physikalische Kräfte. Die Lichtwellen werden von den durchsichtigen Medien des Auges ganz nach denselben Gesetzen gebrochen, wie ausserhalb des Organismus. Alle höheren Thiere (Wirbelthiere) besitzen in ihren Gesichtswerkzeugen in eine Camera obscura eingeschlossene collective Medien, welche den von einem leuchtenden Punkte ausgehenden Strahlen-(Wellen-) Kegel wieder zu einem Punkte im Grunde des Auges vereinigen. Es wird dies durch Brechung der Lichtwellen vermittelt. Den stärksten Antheil dabei hat die Linse, deren Brechungsexponent den aller übrigen durchsichtigen Medien bei Weitem übertrifft. Die Cornea wirkt durch ihre Convexität brechend für alle sie in einem Winkel treffenden Strahlen. — Der Brechungsexponent der Linse nimmt von dem Rande nach dem Centrum zu, wodurch die dem Axenstrahle eines Lichtkegels näher gelegenen Strahlen stärker gebrochen werden, als die von ihm entfernter liegenden. Durch diese Einrichtung wird die sphärische Aberration der Lichtstrahlen corrigirt, d. h. die zu späte Vereinigung der Centralstrahlen eines Lichtkegels verhindert; durch das Bedecken des Randtheiles der Linse

mit einem Diaphragma (Iris) wird die chromatische Aberration der Lichtstrahlen aufgehoben. Die farbige Abirrung im Auge geht daraus hervor, dass der Linsenrand sich in seiner Wirkung dem Prisma gleich verhält und farbloses, wie homogen gefärbtes*) Licht in verschiedenfarbige Strahlen zerlegt.

Die concentrischen Schichten der Linse und deren zunehmende Härte nach dem Linsenkerne hin vermitteln, dass das von einem Gegenstande ausgehende System von Strahlenkegeln durch die Linse wieder zu einem Bilde, dessen aliquote Theile jedoch in umgekehrter Ordnung liegen — vereinigt wird, welches natürlich hinter der Linse liegt; diese Stelle nennen wir die Vereinigungsweite. In dieser nun ist die Retina ausgespannt.

Die Vereinigungsweite ist nur für gleich ferne Gegenstände eine stabile, für alle ungleich weiten eine labile. Die Accomodation des Auges für nahe und ferne Gegenstände beruht zweifellos auf rein physikalischen Bedingungen, ihre Ursachen sind aber noch nicht aufgehellt. Das Gleiche müssen wir von dem Aufrechtsehen in unserem Auge sagen, das doch unzweifelhaft stattfindet, obwohl die Linse uns von allen Gegenständen ein verkehrtes Bild auf die Retina entwirft.

Alle Wirbelthiere haben Augen mit collectiven Medien, welche denen des Menschen fast vollständig gleichen. Die leuchtenden Augen der Raubthiere werden durch das in Interferenzfarben schillernde Tapetum — eine von Pigment befreite Choroideastelle — erzeugt. Bei den Vögeln ist exceptionell die quergestreifte Muskelfaser in der Regenbogenhaut in dem Crampton'schen Muskel, der in den Ciliarfortsätzen

*) Falls es eine combinirte Farbe ist, wie orangegrün u. s. w.

sich vorfindet, vertreten, welche die Accomadation des Auges für nahe und ferne Gegenstände — die durch die Lebensweise des Vogels, wenigstens bei denjenigen, die sich durch ein bedeutendes Flugvermögen auszeichnen, so dringend gefordert ist — theils durch Abflachen der Cornea und vielleicht auch durch Vorrücken der Linse wesentlich zu unterstützen scheint.

Bei den Fischen ist der Krümmungsradius beider Linsenflächen ungleich kleiner, als bei allen Luftbewohnern; der Dickendurchmesser der Linse ist viel bedeutender, die Consistenz auffällig härter. Der Grund dieser Veranstaltung leuchtet ein, wenn man bedenkt, dass zwar differente Medien das Licht beim Durchgang brechen, nicht aber indifferente. Der Brechungsexponent des Wassers ist dem der Cornea und des Humor aqueus fast gleich, weshalb auch bei den Fischen die Wölbung der Cornea wegfällt; was also dadurch an der Lichtbrechung verloren ging, musste durch gesteigertes Brechungsvermögen der Linse wieder gewonnen werden.

Ausser dem Sehen durch dioptrische Medien giebt es in der Thierwelt auch noch eine Gesichtswahrnehmung durch mussivische Mittel. Bei den Insecten und Crustaceen besteht das Auge aus einer Summe von Kegeln, deren Grundflächen, nach aussen gewandt, in Form eines grösseren oder kleineren Kugelsegmentes vereinigt sind. Sie enthalten im Innern einen Krystallkegel, der bald nach aussen mit einer Krystalllinse gekrönt, bald nur von einer durchsichtigen Membran überzogen ist. Der Zweck dieser mussivischen Augen ist kein anderer, als alle von einem leuchtenden Punkte ausgehenden Strahlen, welche die Kegelbasis treffen, mit Ausschluss des Axenstrahles von der Wahrnehmung abzuhalten. Nur der Axenstrahl gelangt unbeirrt bis an die Spitze des Kegels, wo er den dort

angebrachten Sehnerven trifft. Die die Kegelbasis in einem Winkel treffenden Lichtstrahlen werden ungebrochen von dem dunklen Pigmente der Kegelwandungen aufgenommen. Selbstverständlich ist, dass ein so eingerichtetes Auge nur bei grosser Intensität des Lichtes deutlich sieht. Die Zahl dieser Augenkegel ist bei manchen Insecten enorm gross; beim Todtenkopf zählte man 12,000 Façetten, denen ebensoviel Kegel entsprechen, an einem Auge. — Bei den Weichthieren kommen wieder einfache Augen vor, welche denen der Wirbelthiere ganz gleich gebildet sind. Bei den niedersten Thieren finden sich oft nur Augenflecke, das sind Pigmentanhäufungen, die ein Nervenende enthalten, was allenfalls einer Röhre vergleichbar wäre. Doch mangeln hier alle lichtbrechenden Mittel und die Wirkung dieser Organe kommt über die Empfindung von dunkel und hell sicher nicht hinaus.

Die einfachste Form der Gehörwerkzeuge ist die, dass ein mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen im Innern ein Kalkconcrement (Otolith) enthält und äusserlich einem Nerven zur Ausbreitung dient. Diese einfache Form des Gehörorgans treffen wir fast durchgehends bei den Evertebraten; bei den Fischen finden wir schon ein häutiges Labyrinth, das in eine Gehörblase mündet, die wieder Otolithen enthält. Bei den Batrachiern kommt schon ein Trommelfell vor, aber Haut und Muskeln gehen darüber hinweg und nun nur bei dem Krokodil findet sich äusserlich vom Trommelfell noch eine Höhle, welche dem äussern Gehörgange höherer Thiere entspricht. Die Schnecke ist unvollkommen, doch nehmen schon mehrere Knochen wesentlichen Antheil an der Umschliessung des häutigen Labyrinths. Die Vögel dagegen haben ein Trommelfell, doch mangelt ihnen auch noch das äussere Ohr; sie besitzen nur ein Gehörknöchelchen in der Paukenhöhle, welches

direct vom ovalen Fenster an das Trommelfell geht; dieses Knöchelchen heisst Columella. Die Schnecke der Vögel ist eine ziemlich einfache, etwa kegelförmige Höhle, in welcher auf einer Membran wieder ein Zweig des Gehörnerven sich ausbreitet. Diese Membran trennt den Schneckenraum in zwei Abtheilungen (scala vestibuli, scala tympani). Drei halbzirkelförmige Kanäle springen frei in der Schädelhöhle hervor. Bei den Säugethieren sind die wesentlichen Theile des Gehörapparates in das Felsenbein eingeschlossen, es ist durchweg ein äusseres Ohr vorhanden, das durch das Tympanum in seinem Grunde verschlossen wird, nach aussen aber offen steht und nur bei Sorex fodiens durch eine Klappe verschliessbar ist. Die Paukenhöhle communicirt durch die Tuba Eustachii mit der Rachenhöhle, die Gehörknöchelchen sind in der Vierzahl vorhanden, zu einer Kette verbunden, die zwischen dem ovalen Fenster und Trommelfell ausgespannt ist; die Schnecke macht ihre dritthalbe Windung und der Hörnerv verbreitet sich, überall von Wasser umspült, mit seinen äusserst feinen Fasern auf dem häutigen Labyrinth und der lamina spiralis, die auch hier die Schnecke in eine scala vestibuli und in eine scala tympani spaltet.

So genau nun auch der anatomische Bau des Gehörorgans erkannt ist, so dunkel ist doch die Physiologie der einzelnen Theile (wie der Schnecke, der halbzirkelförmigen Kanäle) in vieler Beziehung. Alle diese Vorrichtungen laufen aber sicher darauf hinaus, den Schall (Schallwellen) nach den Ausbreitungen des Hörnervs hinzuleiten, ihn zu verstärken, wie andererseits störende Nebenwirkungen (durch Resonanz, Consonanz) möglichst zu verhindern.

Johannes Müller's Untersuchungen über die Akustik der Gehörwerkzeuge sind die berühmtesten.

Ringe hat die Müller'schen Lehrsätze mannichfach angegriffen, ohne dass man behaupten konnte, es sei dies besonders siegreich geschehen. Im Allgemeinen sind die Müller'schen Thesen massgebend für die akustischen Verhältnisse im Ohre. Auf Einzelheiten hier einzugehen, halte ich für ganz überflüssig; auch bieten die akustischen Verhältnisse im Ohre für unsern Zweck — nämlich sofern diese Arbeit darthun soll, dass wir im Körper nichts als in bestimmter Richtung combinirte mechanische Processe vorfinden — ebensowenig Schwierigkeiten dar, als die optischen im Auge. Alles, was hier vorkommt, lässt sich nach den Gesetzen der Wellentheorie, der Schallleitung, der Lichtbrechung begreifen; nur insofern die Nerven dabei concurriren, liegen noch viele Zweifel vor. Zwar lässt man den Opticus, den Acusticus vermittelst einer specifischen Energie wirken, die nur duldet, dass der Opticus Lichtwellen, der Acusticus Schallwellen percipire. Der Umstand, dass differente Reize, wie Stoss, Erschütterung, Blutandrang, im Opticus subjective Lichtbilder (mouches volantes, Funken, Feuerkugeln, sogar Feuerflammen), im Acusticus dagegen subjective Gehörempfindungen, als Klingen, Lauten, Singen, Brummen, erzeugen, hat die Theorie von der specifischen Energie der Sinnesnerven wesentlich gestützt. Die irrige Behauptung, als ob ein Sinnesnerv den andern factisch vertreten könne (Vicariren der Sinne), konnte die Annahme der specifischen Energie nur kurze Zeit in Zweifel stellen. Durch eine Summe von Thatsachen ist dieser Irrthum widerlegt, denn Niemand sieht mit den Fingerspitzen und hört mit den Augen; der optische und akustische Apparat ist für das Sehen und Hören ebenso unerlässlich, als der specifische Nerv selbst. Die Frage, was die Ursache dieser specifischen Energie sei, ist bei dem dermaligen

Standpunkte unseres physiologischen Wissens nicht zu beantworten, wie ja überhaupt das Gebiet der Neurophysiologie noch ein sehr dunkles ist. Zwar treten uns alle sich hierher beziehenden Arbeiten im pompösen physikalischen Gewande entgegen, aber man darf das Mäntelchen nur lüften, um die Armuth, wenn nicht gar die Liederlichkeit, die darunter steckt, zu erkennen. Man hört so viel von der Exactheit der heutigen Neurologie und den Riesenfortschritten, die sie gemacht, aber es ist schwer, sich hierbei gewisser Bedenken zu entschlagen. Die Nervenlehre wie die Physiologie ist keine exacte Wissenschaft, sie lässt die Anwendung von Maass und Gewicht überhaupt nur in den seltensten Fällen zu, und der Organismus spottet im Allgemeinen unseren physikalischen und chemischen Proceduren, nicht weil er den physischen Gesetzen entgegen ist, sondern weil sich die Massen gesetzter Wirkungen und Gegenwirkungen alsbald in dem Maasse compliciren, dass jede mathematische Verfolgung derselben unmöglich wird. Daher besitzen wir auch zur Lösung der vorliegenden Probleme ein verhältnissmässig geringes Material; überall finden sich Lücken in den erforderlichen Thatsachen, welche nur durch Hypothesen ausgefüllt werden können, und das subjective Meinen, so gern es sich hinter peremtorischen Ausdrücken versteckt, ist nirgends häufiger, als in der Nervenlehre. Bei so schwankendem Boden, auf welchem die Wissenschaft ruht, ist an ein Vorwärtskommen gar nicht zu denken, wenn nicht die Thatsachen und die hypothetischen Betrachtungen sorgfältig aus einander gehalten werden. Dies zu leisten, ist schwierig und misslingt nicht selten beim besten Willen. — So ist man über das eigentliche Nervenfluidum bis jetzt immer noch im Dunkel; zwar tauchte zu verschiedenen Zeiten die Idee auf, dass die Electricität mit dem Nervenfluidum

vollständig identisch sei; dass dies jedoch nicht der Fall ist, lässt sich am deutlichsten an den electrischen Fischen zeigen; hätte hier die Natur dem Thiere eine stärkere Electricitätsentwickelung als Waffe geben wollen, so brauchte sie nur den Nervenapparat zu verstärken oder die dabei sich entwickelnde Electricität durch Condensation oder Multiplication zu verdichten; statt dessen sehen wir in den electrischen Organen der Zitterfische Apparate, welche sich noch am meisten mit galvanischen Batterieen parallelisiren lassen. Ueberdies zeigt eine genauere Vergleichung des feineren Nervenverlaufs in ihnen mit den durch Beobachtungen constatirten Richtungen der entwickelten Electricität, dass sowohl bei dem Zitterrochen als bei dem Zitteraale die Strömungsdirection des Nervenfluidums auf der der Electricität senkrecht steht. Eine gleiche gegenseitige Beziehung finden wir aber nur bei heterologen Agentien, wie z. B. bei Magnetismus und Electricität. Es soll mit alledem nicht gesagt sein, dass die Electricität im thierischen Organismus gar keine Rolle spiele, im Gegentheil haben neuere Forschungen nachgewiesen, dass den ruhenden Nerven fortwährend electrische Ströme umkreisen. Diese Ströme hören sogleich auf oder werden schwächer, sobald der Nerv auf irgend eine Art gereizt oder in Thätigkeit gesetzt wird. Die Nerven sind demnach nicht Leiter, sondern nur Erzeuger der Electricität; es muss deshalb behauptet werden, dass Nervenfluidium und Electricität verschiedenartige Principien darstellen, die sich wechselseitig erregen, also alterniren.

Trotz dieser Dunkelheit über die Natur des Nervenprincips ist doch nicht zu leugnen, dass die Nervenphysik uns mit einer Summe von Gesetzen bekannt macht, welche mit grosser Genauigkeit in der letzteren Zeit behandelt wurden und uns manche bis dahin

dunkle Vorgänge im Organismus aufgehellt haben. Ich erwähne hier nur die lex Belliana (das Gesetz der specifischen Leitung) der einfachen wie coordinirten psychischen Reflexe, die Irradiation der Empfindung und Bewegung, die centrifugalen und centripetalen Strömungen u. s. w. Ueberall treffen wir hier eine durch die Organisation garantirte Gesetzmässigkeit der Kraftwirkung im Organismus, eine Summe von mechanischen Veranstaltungen, welche theils automatisch, theils durch äussere Reize angeregt Bewegung vermitteln, theils der Seele bald bewusst, bald unbewusst bei ihren Empfindungen und Strebungen dienstbar sind.

Thesen.

1.

Die secundäre und tertiäre Form der Syphilis lässt sich nicht genau trennen.

2.

Bei Fracturen ist der Gypsverband als erster Verband nicht anzuempfehlen.

3.

Die aqua vulneraria Thedenii ist bei frischen Schusswunden verwerflich.